

**СЕКЦИЯ 17. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ ТРАНСПОРТИРОВКИ
И ХРАНЕНИЯ НЕФТИ И ГАЗА. ПОДСЕКЦИЯ 1. МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ТРАНСПОРТА И ХРАНЕНИЯ
УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ**

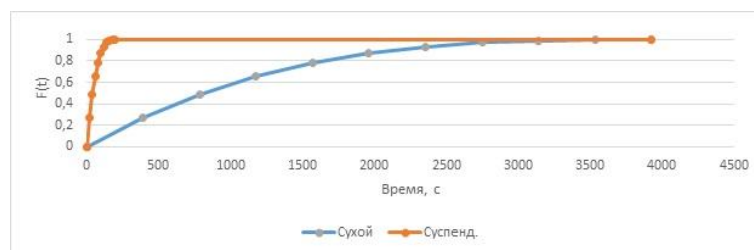


Рис. 2 Зависимости доли растворенного полимера от времени

Заключение. Исходя из анализа полученных результатов можно сделать вывод, что представленная математическая модель достаточно точно отражает моменты достижения полного растворения полимера. По модели время полного растворения полимера, введенного в сухом виде, составляет 65,4 мин, что практически соответствует экспериментальным данным. Аналогично для суспендированного полимера время составило 3,3 мин. Это подтверждает тот факт, что при данном вводе полимер растворяется менее, чем за 5 минут. Недостатком данной модели является то, что она не учитывает самой механики процесса растворения полимеров. Таким образом, дальнейшие работы в этой области будут направлены на формулировку фундаментальных уравнений процесса.

Литература

1. Caenn R., Darley HCH, Gray G. Composition and Properties of Drilling and Completion Fluids / 7th Edition. – Gulf Professional Publishing, 2017. – 729 p.
2. Miller-Chou B., Koenig J. A review of polymer dissolution. Prog. Polym. Sci. 2003; 28:1223–1270.
3. Тагер А.А. Физико-химия полимеров, 4-е изд., перераб. и доп. Учеб. пособие для хим. фак. ун-тов / А. А. Тагер; под ред. А. А. Аскадского. - М.: Научный мир, 2007. - 573с.
4. Иванов С.И. Моделирование процессов растворения и деформации твердых тел с использованием параллельных вычислений: дис. ... канд. техн. наук. Рос. хим.-технол. ун-т им. Д.И. Менделеева, Москва, 2013

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ПОГРУЖНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ В
УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ ЧАСТОТЫ ПОДВОДИМОГО ТОКА И НАЛИЧИЯ
ЗАГРЯЗНЯЮЩЕГО СЛОЯ**

Р.К. Коротченко

Научный руководитель – профессор С.Н. Харламов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Известно, что около 80 процентов добычи нефти в России осуществляется с помощью погружных электроцентробежных насосов (УЭЦН) [1]. Данное оборудование играет огромную роль в нефтяной отрасли. Поэтому задачи исследование этого оборудования, моделирование процессов, связанных с его работой, являются актуальными на сегодняшний день. В данной работе объектом исследования является составной элемент УЭЦН – погружной электродвигатель.

Цель работы: моделирование температурного поля электродвигателя, а также поведения этого поля при изменении частоты подводимого тока и образовании на поверхности двигателя загрязняющего слоя.

Режим работы установки контролируется и изменяется с помощью станции управления (СУ). На СУ можно регулировать частоту переменного тока, подводимого к ПЭД с поверхности. Мощность двигателя линейно зависит от частоты [2]:

$$N = N_{50} \cdot \frac{F}{50} (Bm) \quad (1)$$

Где: N – расчетная мощность; N_{50} – мощность при 50 Гц, F – частота Гц.

Изменение частоты для отечественных двигателей возможно в диапазоне 40 – 60 Гц [2]. Очевидно, что при изменении мощности будет изменяться количество теплоты, выделяемое двигателем. В связи с изменением выделяющегося количества теплоты будет изменяться температурное поле ПЭД.

В процессе эксплуатации ПЭД на его поверхности будет происходить осаждение смол, парафинов и др. Эти элементы будут образовывать на поверхности двигателя загрязняющий слой. Наличие загрязняющего слоя также будет приводить к дополнительному термическому сопротивлению, что, в свою очередь, приведет к нагреву двигателя.

Итак, для моделирования температурного поля ПЭД необходимо построить математическую модель на основе которой будет решаться задача, и задать конкретные численные параметры самого двигателя и среды, в которой он эксплуатируется. Для начала необходимо определить теоретические и физические предпосылки для решения. Для моделирования температурного поля необходимо допустить упрощения, а именно:

Предполагается, что погружной электродвигатель является однородным сплошным стальным цилиндром. Все процессы не зависят от времени – стационарны. Жидкость – омывающая двигатель – нефть.

Тогда задача решается на основе уравнения Пуассона [3]:

$$\nabla^2 t + \frac{q_v}{\lambda} = 0 \quad (2)$$

Где: q_v – объемная плотность внутренних источников теплоты, Вт/м³; λ – коэффициент теплопроводности материала цилиндра, Вт/(м*К).

Граничные условия. Данное уравнение записывается в цилиндрических переменных. Сами условия имеют вид [3]:

$$\begin{cases} r=0; \left(\frac{dt}{dr}\right)_{r=0} = 0 \\ r=r_0; \left(\frac{dt}{dr}\right)_{r=r_0} = -\frac{\alpha}{\lambda}(t_c - t_{жс}) \end{cases} \quad (3)$$

Где: α – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²*К); t_c – температура поверхности цилиндра (стенке); $t_{жс}$ – средняя температура жидкости; r_0 – радиус цилиндра;

После интегрирования уравнений задачи имеем [3]:

$$t = t_{жс} + \frac{q_v r_0}{2\alpha} + \frac{q_v}{4\lambda}(r_0^2 - r^2) \quad (4)$$

С помощью уравнения (4) возможно рассчитать температурное поле двигателя при отсутствии загрязняющего слоя, в случае наличия такого слоя толщиной (δ) необходимо учесть дополнительное термическое сопротивление:

$$t = t_{жс} + \frac{Q}{2\pi l(r_0 + \delta)\alpha} + \frac{Q}{2\pi \lambda_1 l} \ln \frac{r_0 + \delta}{r_0} + \frac{Q}{4\pi l r_0^2 \lambda}(r_0^2 - r^2) \quad (5)$$

Где L – длина цилиндра.

Далее, необходимо задать условия среды, параметры скважины, среды и параметры самого двигателя.

В данной работе были взяты параметры скважины и среды близкие к реальным. После чего к данным условиям был подобран ПЭД с помощью методики П.Д. Ляпкина [4]. Часть необходимых параметров была взята из справочников [4,5,6]. Все параметры сведены в таблицу (Рис. 1):

Вт/(м*К)	Вт/(м*К)	Вт/(м*К)	Вт/(м*К)	l , м	N, Вт	КПД	G, м3/с
$\lambda_{параф}$	$\lambda_{битум}$	λ_1	λ				
0,267	0,47	0,3685	52	3,64	28000	0,845	0,001157407
$\rho_{ж}$, кг/м ³	ν , м ² /с	μ Па*с	$R_{обс}$, м	r_0 , м	α , Вт/м ² *К	C_p Дж/(кг*К)	$t_{жс1}$, К
880	$2,3 \cdot 10^{-6}$	0,002024	0,08485	0,0585	210	2100	70

Рис. 1 Таблица данных для расчета

Где: $\lambda_{параф}$ – коэффициент теплопроводности парафина, $\lambda_{битум}$ – коэффициент теплопроводности битума, λ_1 – коэффициент теплопроводности загрязняющего слоя, λ – коэффициент теплопроводности ПЭД (сталь), l – длина, N – мощность, G – объемный расход жидкости, $\rho_{ж}$ – плотность жидкости (чистая нефть), ν – кинематическая вязкость жидкости, μ – динамическая вязкость жидкости, $R_{обс}$ – радиус проходного канала обсадной колонны, r_0 – радиус ПЭД, α – коэффициент теплоотдачи, C_p – удельная теплоемкость нефти, $t_{жс1}$ – температура жидкости под двигателем.

По приведенным данным с помощью (4), (5) был произведен расчет температурного поля. Расчет производился для различных значений частот (40, 45, 50, 55, 60 Гц) и различных значений толщины слоя (1-3 мм). В результате имеем данные (см. рис. 2,3):

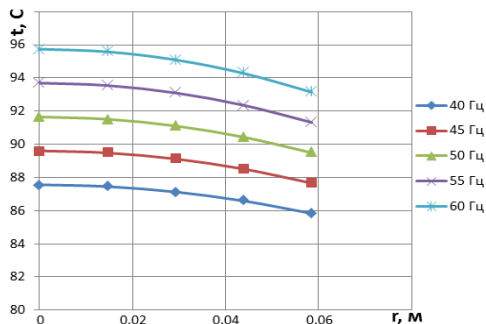


Рис. 2 График зависимости температуры двигателя от радиуса при разных частотах

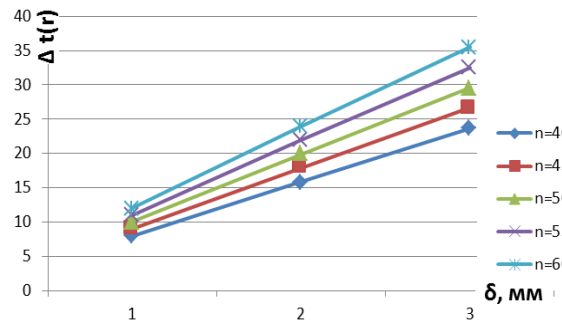


Рис. 3 Зависимости увеличения температуры в произвольной точке r внутри двигателя от толщины загрязняющего слоя при разных частотах

СЕКЦИЯ 17. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ ТРАНСПОРТИРОВКИ И ХРАНЕНИЯ НЕФТИ И ГАЗА. ПОДСЕКЦИЯ 1. МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ТРАНСПОРТА И ХРАНЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

Заключение. По данным рисунка 2 имеем, что температура внутри ПЭД увеличивается с повышением частоты (примерно на 2 градуса каждые 5 Гц). Так же при увеличении частоты возрастает значение перегрева между осью двигателя и его стенкой. По данным рисунка 3 видно, что при работе на одной и той же частоте в случае оседания 1 мм загрязнителя температура поднимается довольно сильно (около 8 градусов). При увеличении частоты, прирост температуры возрастает, скорость прироста также увеличивается.

Таким образом, цель поставленная в работе была достигнута. Однако, стоит оговориться что расчет выполнен со значительными допущениями. Этот расчет может быть использован в качестве приближенного с целью дальнейших уточнений рассматриваемых процессов. Видно, что зависимости, полученные в работе, не противоречат технологическим данным производства.

Литература

1. Мищенко И.Т. Скиажинная добыча нефти: Учебное пособие для вузов. — М: М71 ФГУП Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2003. — 816 с. ISBN 5-7246-0234-2.
2. Потапов А.В. Инструкция по запуску, выводу на режим и эксплуатации скважин оборудованных УЭЦН. - Томск: 2010.
3. Теплопередача. Учебник для вузов. / Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С., - 3 изд. - М.: Энергия, 1975.
4. Ляпков, П.Д. Подбор установки погружного центробежного насоса к скважине / П.Д. Ляпков Н.Н. – М.: МИНГ.
5. Купцов С.М. Температурное поле погружного электродвигателя скважинных насосных установок // Территория нефтегаз. - 2010. - №4. - С. 36 - 38.
6. Справочные материалы для решения задач по курсу "Тепломассообмен", Бухмиров В.В., Ракутина Д.В., Солнышкова Ю.С. и др. - Иваново: ГОУ ВПО «Ивановский гос- ударственный энергетический университет имени В.И. Ленина», 2009. (парафин, сталь)
7. weldworld.ru URL: <http://weldworld.ru/theory/summary/koefficient-teploprovodnosti.html> (дата обращения: 1.12.2017).

АНАЛИЗ АБСОРБЦИОННОЙ ОСУШКИ ГАЗА С ПРИМЕНЕНИЕМ ВАКУУМНОЙ РЕКТИФИКАЦИИ: РАСЧЕТ АБСОРБЕРА

М.И. Крылов, Р.О. Курилович

Научный руководитель – профессор С.Н. Харламов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Целью работы является рассмотрение метода абсорбционной осушки газа с использованием ректификаций насыщенных гликолей под вакуумом.

Использование природных ресурсов всегда имело большое значение для человека. Отсутствие полезных ископаемых на сегодняшний день и исключение их из человеческой жизни приведёт к катастрофическим последствиям. Для использования газа потребителем, необходимо осуществить ряд технологических процессов. Одним из таких является процесс осушки газа, который необходим, и в первую очередь, для предотвращения гидратообразования в магистральных газопроводах. На практике используются процессы абсорбционной и адсорбционной осушки. На сегодняшний день, возрастает количество месторождений, находящихся на 3 стадии разработки (стадия падающей добычи), что говорит о низком пластовом давлении и повышенным влагосодержанием продукции. Именно поэтому разрабатываются различные виды осушки газа, виды регенерации гликолей [2]. Для обеспечения требуемой точки росы газа по воде применяется ректификация насыщенного диэтиленгликоля под вакуумом, что позволяет улучшить работу установки регенерации. В ходе анализа рассматривается влияние вакуумной регенерации на изменение таких критериев как: капельный унос гликоля (ДЭГ) с газом; изменение концентрации регенерированного гликоля; изменение расхода регенерированного гликоля [1].

При расчёте тарельчатого абсорбера были выбраны тарелки колпачкового типа. Для колпачковых тарелок имеем следующую предельно допустимую скорость [5]: $w = 2,47$ м/с

Коэффициенты массопередачи определяют по уравнениям аддитивности фазовых диффузионных сопротивлений, в итоге имеем: [5]: $K_{yf} = 0,154$ кг/(м²·с)

Требуемое число тарелок [5]: $n = 63$

Гидравлическое сопротивление всех тарелок абсорбера [5]: $\Delta P_a = 23040$ Па

Анализ проводился в среде Aspen HYSYS V8.8, в основу анализа положено уравнение Пенга-Робинсона [3].

Стандартная форма уравнения состояния Пенга-Робинсона имеет вид:

$$P = \frac{RT}{V - b} - \frac{aa}{V^2 + 2bV - b^2}$$

, где P- давление в системе; V-молярный объём; R-универсальная газовая постоянная; T-температура газа; a, b-коэффициенты критических параметров; α -перекрестный коэффициент.

Был задан материальный поток, имеющий состав аналогичный составу на изучаемом месторождении: